

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 01204488
PUBLICATION DATE : 17-08-89

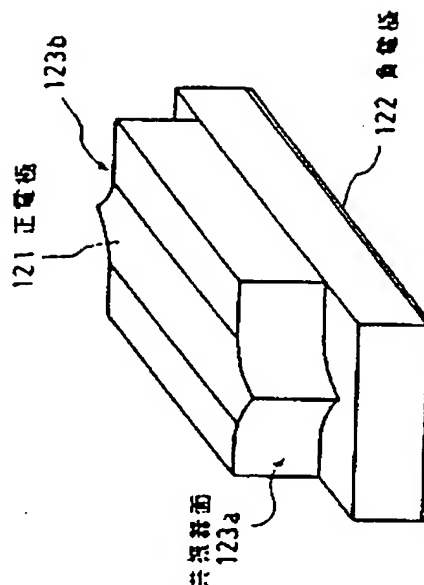
APPLICATION DATE : 10-02-88
APPLICATION NUMBER : 63027468

APPLICANT : NEC CORP;

INVENTOR : UCHIDA MAMORU;

INT.CL. : H01S 3/18

TITLE : SEMICONDUCTOR LASER



ABSTRACT : PURPOSE: To obtain a semiconductor laser which can be operated with stable, low noise for a returning light with good reproducibility by using a pair of curved mirrors as the resonator of a laser.

CONSTITUTION: Reflectivity is varied at the end faces of laser resonator faces 123a, 123b by forming the shape of the faces 123a, 123b in curved faces, and a space distribution of the threshold gain of a semiconductor laser is controlled. Thus, an axial mode selection ratio can be weakened, and a multi-axis mode oscillation can be maintained at the time of implanting carriers highly. Accordingly, the space coherence of the laser light is not enhanced while a fundamental lateral mode is held. Thus, even if a returning light from a disk medium is large, of the order of several %, the noise level is not raised.

COPYRIGHT: (C)1989,JPO&Japio

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平1-204488

⑤ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)8月17日

H 01 S 3/18

7377-5F

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全6頁)

⑭ 発明の名称 半導体レーザ

⑯ 特 願 昭63-27468

⑰ 出 願 昭63(1988)2月10日

⑱ 発 明 者 内 田 護 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 岩佐 義幸

明 細 書

1. 発明の名称

半導体レーザ

2. 特許請求の範囲

(1) 化合物半導体の多層構造からなる半導体レーザにおいて、レーザの共振器が一對の曲面鏡からなることを特徴とする半導体レーザ。

(2) 前記半導体レーザの構造が屈折率導波型であることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

(3) 前記1対の曲面鏡の各部の曲率半径が連続的に変化し、各部の注入キャリア密度との間に正の相関があることを特徴とする請求項1または2記載の半導体レーザ。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は光情報処理に用いられる半導体レーザ、特に光ディスクファイルシステムに用いられる低雑音レーザに関するものである。

(従来の技術)

半導体レーザはコンパクトディスク、ビデオディスクをはじめとして多くの記録媒体の光ピックアップ用光源に使われている。その際、現在問題となっているものの一つが、読み込み時に記録媒体から半導体レーザに戻るレーザ光による雑音の発生である。

この雑音の発生のメカニズムを以下に簡単に述べる。半導体レーザの共振器面から出射されたレーザ光が記録媒体によって反射され、一部はレーザ内部へ戻ることにより内部レーザ光と結合し、一部は半導体レーザの共振器表面でさらに反射されることにより外部共振器を形成する。この外部共振器長は常に変化し、また半導体レーザの共振器長に比べ極端に長いため軸モード間隔が短いので軸モードの競合が起こり易くなり、モードホッピングに伴って雑音が発生する。

この戻り光雑音を軽減するために、いくつかの方法が提案されている。そのうちの一つが可飽和吸収体を利用した自動発振型マルチ軸モードレーザである。この代表的な例としてISSSレーザ

がある(鈴木他、「ISSSレーザの雑音特性と自己パルス変調の機構」電子通信学会・光量子エレクトロニクス研究会OQE84-57)。

まずこの従来例について簡単に説明する。第7図はISSSレーザの構造を示す模式断面図である。その製作方法は、まず、有機金属気相成長法(MO-VPE法)により、 p -GaAs基板21上に5層からなる電流ブロック層22~26を成長させる。その構造は下から n -GaAs層22、 $AlGaAs$ 層23、 n -GaAs層24、 n - $AlGaAs$ 層25、 n -GaAs層26である。このうち、ブロック層23と25の $AlGaAs$ は後に行う液相成長時のメルトバックを防ぐためのものである。この多層からなるブロック層22~26を積層したウエハに BCl_3/Cl_2 をエッチングガスとする反応性イオンエッチング(RIE: Reactive Ion Etching)によりT字型の溝を形成する。この工程は2回のエッチングからなり、溝の先端は基板に達するようRIEを制御しなければならない。次に、このT字溝付きウエハに液相成長法(LP

B)によって、 p - $AlGaAs$ クラッド層27、 p - $AlGaAs$ 活性層28、 n - $AlGaAs$ クラッド層29、および n -GaAsキャップ層30を順次成長することによりレーザの結晶構造は完成する。

このレーザ構造の特徴は、活性層28の電流注入領域がT溝の先端の狭い部分の幅で決まるのに対して、等価的な光ガイド領域はT溝肩部の幅によって独立に制御できる点にある。

第8図はISSSレーザのキャリア密度分布と光強度分布の関係を模式的に表したものである。図中、破線35は横方向に導波される光の強度分布を、実線34は活性層28への注入キャリア密度分布をそれぞれ表している。また、32はブロック層を示している。光ガイド領域に比べ電流注入領域が狭いから、光ガイド領域中の活性層のキャリア注入レベルが低い部分(斜線で示した部分)が可飽和吸収体33として機能する。可飽和吸収体が自励発振を引き起こす機構は未だ明確ではないが、定性的には可飽和吸収体がQスイッチ発振を引き起

こすものとして理解されており、ISSSレーザだけでなく類似の構造で自励発振動作が確認されている。その際、可飽和吸収領域ではギガヘルツオーダーの周波数でキャリア密度が変動することにより屈折率も変化する。このため軸モードが極めて高速にモードホップするため、空間的にはあたかもマルチモード発振の様に観測される。この結果、高周波重畳回路等の外部装置を付加することなく、レーザ光のコヒーレンスは低下し戻り光に対して雑音を発生しにくいという特長を有している。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、このISSSレーザあるいは類似の構造のレーザには多くの問題点がある。まず、マルチ軸モード発振を起こし易くするために利得導波性を強めなければならない、そのためのデバイス構造パラメータが極めて微妙で製作の歩どまりが極めて低いということである。実際、ISSSレーザでは層厚制御のためのMO-VPEおよび平坦化のためのLPEの2回の結晶成長、RIE

による2工程の微細加工を必要としている。さらに決定的な問題点として、注入量が上がるにつれてキャリアの拡散により可飽和吸収領域が減少し安定な多モード発振は得られにくくなる、つまり低雑音となる光出力の領域が低出力領域に限られてしまう。またキャリア及び利得の温度依存性のために安定なマルチ軸モード動作は困難である。

(発明の目的)

本発明の目的は、広い範囲の光出力にわたって安定なマルチ軸モード発振を維持し、戻り光に対して安定な低雑音動作が可能な半導体レーザを再現性良く提供することにある。

(課題を解決するための手段)

本発明は、化合物半導体の多層構造からなる半導体レーザにおいて、レーザの共振器が一對の曲面鏡からなることを特徴とする。

(作用)

本発明の骨子は共振器面形状を曲面とすることで端面各部で反射率を変化させ、半導体レーザのしきい値利得の空間分布を制御し、軸モード選択

比を弱めキャリアの高注入時においてもマルチ軸モード発振を維持し、空間的コヒーレンシーを低下させ、戻り光雑音を低く抑えることにある。本発明の作用を明確にするために以下に補足的説明を行う。

半導体レーザの発振に必要な利得 G_{th} は、次のように表せる。

$$G_{th} = A + \frac{1}{L} \cdot \ln \left(\frac{1}{R_1 \cdot R_2} \right) \quad (1)$$

ここで、 A は内部損失、 L は共振器長、 R_1, R_2 は共振器前面後面の端面反射率である。また利得 G の電流密度依存性は、以下の関係がある。

$$G = B \cdot J \quad (2)$$

ここで、 J は電流密度、 B は比例定数である。

(2)式より利得はキャリア分布と相似形であり、レーザ媒質が均一であれば、(1)式よりレーザ内部ではしきい値利得は一定となる。この結果、発振波長は最小しきい値利得ピークに最も近い軸モードとして選択される。

通常の利得導波型レーザの場合、電流注入領域

幅がキャリアの拡散長よりも十分広い時には、キャリア分布は釣鐘状であり、利得分布もそれを反映している。このため低注入レベルでは、キャリアのホールバーニングのため本質的にマルチ軸モード発振し易い傾向にある。しかしキャリアの注入レベルが上がると利得はその軸モードで消費されるので軸モードの選択性が強まり、原理的には単一軸モードで動作する。しかし実際には自然放出光成分や利得の不均一があるため、何本かのサブモードが観測される。

一方、屈折率導波型の基本横モード制御されたレーザでは、キャリアの注入領域はキャリアの拡散長程度であり、しきい値利得は実効的なキャリア注入領域内ではほぼ一定である。また光強度は注入領域中央に集中するため、キャリア分布は空間的ホールバーニングの影響を受け易くなり、しきい値利得も一様となり低レベルから単一軸モード性が強くなる。このため屈折率導波型レーザでは戻り光雑音に弱いとされている。この様子を第5図に示した。図中、(a)および(b)において、

横軸は横モード方向にとっており、 $-a < x < a$ の領域は実効的なキャリア注入領域を表している。縦軸にはしきい値利得 $G_{th}(x)$ およびキャリア密度 $n(x)$ をそれぞれとっている。(b)において破線131は発振直後の低キャリア密度時のキャリア密度分布を示し、実線132は高注入時におけるキャリア密度分布をそれぞれ示している。また(c)は高注入時における波長スペクトルを表している。

ここでもしキャリア分布に対応したしきい値利得に変化をつけることができれば、発振時の利得分布に変化をつけることができ、軸モードの選択比が弱まり常に安定したマルチ軸モード発振を維持することができる。第6図は、その様子を示したものである。第6図における表記は第5図とまったく同じである。第6図(b)のように低注入レベル133では第5図に比べキャリア分布に変化がなくとも第6図(a)の様にキャリア密度に依存しないしきい値利得を形成すれば、高注入レベル134ではしきい値利得を反映したキャリア密度

分布を形成する。その結果、第6図(c)のように高注入時においてもマルチ軸モードを維持できる。

従来例が可飽和吸収体を用いて時間的にマルチモード発振させていたのに対し、本発明は共振器形状を変化させることにより各部において反射率、即ち共振器損失を制御して空間的にしきい値利得に変化をつけることによって空間的にマルチモード発振を得るものである。

(実施例)

第1図は本発明の一実施例の模式的斜視図、第2図はその平面図である。

まずこのレーザの結晶構造について説明する。第3図はレーザ結晶の断面図である。層構造は以下のごとくである。(100)面を有するn型GaAs基板101上に<011>方向に沿って幅3μm、深さ1.5μmの溝102をエッチングで形成した後、液相成長法によりn型AlGaAsクラッド層103、n型AlGaAs光ガイド層104、アンドープAlGaAs活性層105、p型AlGaAs

a As 光反射層106、p型AlGaAsクラッド層107、n型GaAsキャップ層108を積層する。この後、結晶の表面から溝102に沿って幅4μmの領域のみに亜鉛拡散することで電流注入領域109とする。この構造は基板に形成した溝によって横方向の層厚を変化させることで屈折率差をつけ、高出力まで安定な基本横モード動作が可能である。本発明の場合、レンズによる集光性を重視しているので安定な基本横モード動作に優れることは、ぜひ必要である。

次に共振器面形成工程について説明する。まず共振器面の設計について説明する。(1)式において共振器面が曲面となることによるしきい値利得の変化 ΔG_{th} は、共振器長及び反射率が微小変化するとして以下のように表される。

$$\Delta G_{th} = -\frac{1}{L} \cdot \frac{\Delta R}{R} - \frac{\Delta L}{L} \cdot \ln\left(\frac{1}{R}\right) \quad (3)$$

ここで端面反射率は前後対称として $R_1 = R_2 =$

3図で示したレーザウエハ上にレジストで共振器形状をパターンニングし、これをエッチングマスクとして反応性イオンビームエッチング(RIBE: Reactive Ion Beam Etching)により、GaAs基板101に達するまでエッチングを行う。RIBEは指向性及び異方性に優れエッチング面に与える損傷も小さいので本発明の目的に適している。共振器を形成した後、共振器面123a、123bのパッシベーションを行い端面を保護する。次に電流注入領域109上のウエハ表面に正電極121、端面全面に負電極122を形成して完成する。

本実施例では、凸形状の共振器面を用いたが凹形状のものを用いることももちろん可能である。特にレーザ構造が利得ガイド型の場合には、非点隔差が大きいので凹形状のものの方が非点隔差をも小さくできるという利点がある。

第4図のように本実施例の場合、反射率は通常のへき開面よりも低下するのでしきい値の増大および微分効率の低下による動作電流の増加を招く恐れがある。しかし、この問題は後の端面を高反

Rとした。共振器長Lを300μm程度とすると、曲率半径を10μmとかなり小さくした場合でも、 $\Delta L/L$ は十分小さいので共振器長が変化することによるしきい値利得が変化する割合は無視できる。しきい値利得分布はキャリア注入密度が小さい部分ほど小さく設定する必要がある。つまり電流注入領域の中央よりも周辺部で、しきい値利得が小さいことが望ましい。この条件を満たす共振器形状として周辺部から中央部に行くにつれ、曲面の曲率半径が小さくなっていけばよい。

さて、第1図および第2図に戻り、本実施例の場合、共振器面123a、123bは中央から5μm離れた位置で40μmの曲率半径、中央位置で5μmの曲率半径が連続的に変化するよう共振器形状を設定した。このときの $\Delta R/R$ の空間分布を第4図に模式的に示した。この結果、第6図(a)のような理想的なしきい値利得分布が得られる。このしきい値利得分布は高注入になっても保たれるので、マルチ軸モードで発振が可能である。

次に本実施例の製作方法について説明する。第

射率コーティングすることにより容易に解決することができる。

(発明の効果)

本発明の最大の効果は屈折率導波型の半導体レーザにおいて、高注入時においてもマルチ軸モード発振が得られることにある。この結果、基本横モードを保ったままでレーザ光の空間的コヒーレンスが高くならないために、ディスク媒体からの戻り光が数パーセントと大きい場合でも雑音レベルが高くなることを避けることができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例である半導体レーザの模式的斜視図、

第2図は第1図の半導体レーザの平面図、

第3図は第1図の半導体レーザのレーザ結晶の断面図、

第4図は曲面共振器による横方向各部の反射率分布、

第5図は通常の屈折率導波型レーザのしきい値利得分布、キャリア密度分布、高注入時の軸モー

ドスペクトルを示す図、

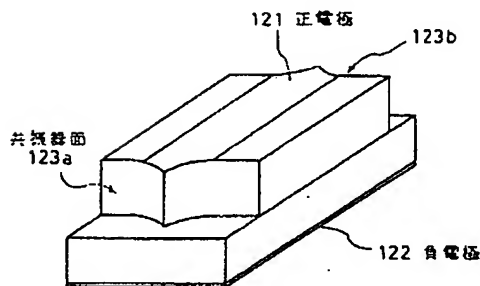
第6図は本発明の半導体レーザのしきい値利得分布、キャリア密度分布、高注入時の軸モードスペクトル、

第7図は従来例の半導体レーザのレーザの構造を表す断面図、

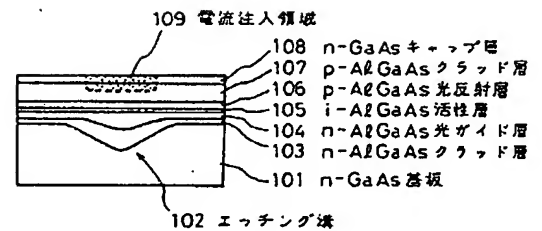
第8図は第7図の半導体レーザのキャリア密度分布と光強度分布の関係をそれぞれ示す図である、

- 101 GaAs 基板
- 102 エッチング溝
- 103 AlGaAs クラッド層
- 104 AlGaAs 光ガイド層
- 105 AlGaAs 活性層
- 106 AlGaAs 中間層
- 107 AlGaAs クラッド層
- 108 AlGaAs キャップ層
- 109 電流注入領域
- 121 正電極
- 122 負電極
- 123a, 123b 共振器面

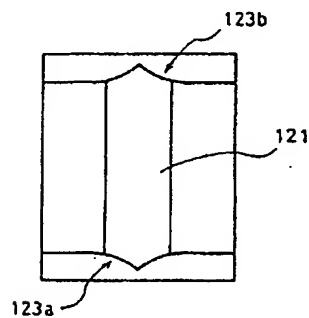
代理人 弁理士 岩 佐 義 幸



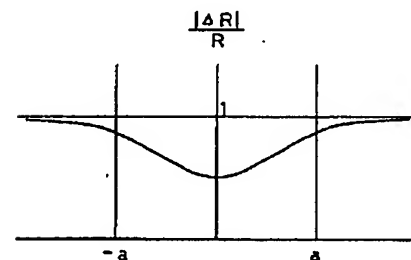
第 1 図



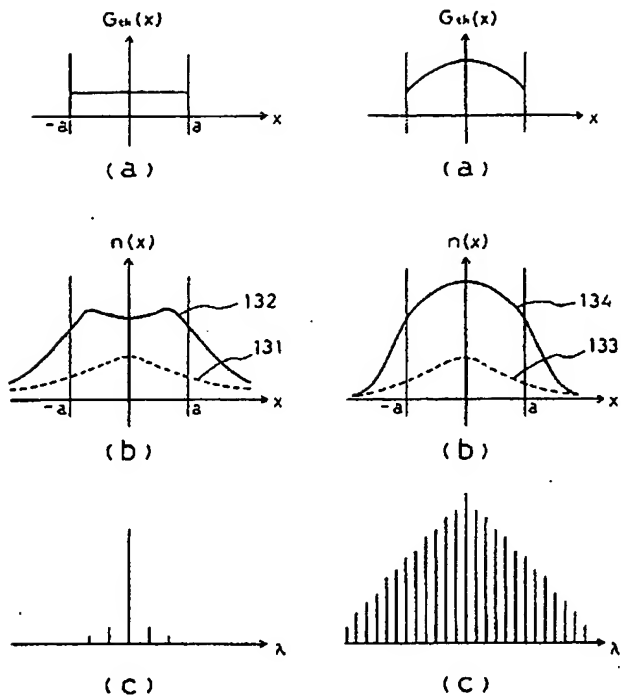
第 3 図



第 2 図

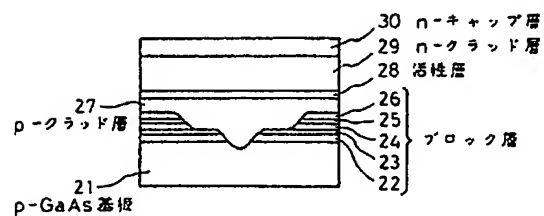


第 4 図

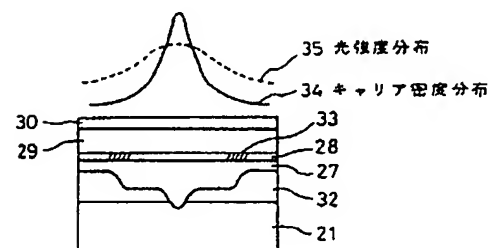


第 5 図

第 6 図



第 7 図



第 8 図